

**CH577108**

**Patent number:** CH577108  
**Publication date:** 1976-06-30  
**Inventor:**  
**Applicant:** POLSKA AKADEMIA NAUK WYDZIAŁ I  
**Classification:**  
**- international:** F01D5/18  
**- european:** F01D5/14C; F01D5/18; F01D25/32  
**Application number:** CH19740012042 19740904  
**Priority number(s):** PL19730165069 19730907

**BEST AVAILABLE COPY**

Abstract not available for CH577108

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

CH 577 108



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.<sup>2</sup>: F 01 D 5/18



①⑨

CH PATENTSCHRIFT A5

①①

577 108

N

②① Gesuchsnummer: 12042/74  
⑥① Zusatz zu:  
⑥② Teilgesuch von:  
②② Anmeldungsdatum: 4. 9. 1974, 17 h  
③③ ③② ③① Priorität: Polen, 7. 9. 1973 (165069)

Patent erteilt: 15. 5. 1976  
④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30. 6. 1976

⑤④ Titel: **Laufschaufel für thermische Axial-Turbomaschinen,  
insbesondere für Dampfturbinen**

⑦③ Inhaber: Polska Akademia Nauk, Warszawa (Polen)

⑦④ Vertreter: Prof. Konst. Katzarov S. A., Genève

⑦② Erfinder: Robert Szewalski, Gdańsk-Wrzeszcz (Polen)

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Laufschaufel für thermische Axial-Turbomaschinen, insbesondere Dampfturbinen, aus zwei den konkaven und den konvexen Profilteil der Schaufel bildenden Blättern bestehend.

Nach dem Stand der Technik sind extrem lange Laufschaufeln für Dampfturbinen und andere thermische Turbomaschinen bekannt, die als massive, sich vom Fuss bis zum äusseren Ende verjüngende und geeignet verwundene Profilteile aus dem Vollen geschmiedet sind. Sowohl die Sehnenlänge des Profils wie auch der Schaufelquerschnitt nehmen in der gleichen Richtung ab. Die Konstrukteure von Turbomaschinen sind bestrebt, zur Schaffung günstiger Strömungsverhältnisse in den Laufschaufelkanälen, möglichst lange Laufschaufeln zu verwenden. Bei den erwähnten, bekannten Laufschaufeln wird jedoch, wegen ihrer relativ grossen Masse, die zulässige Zugspannung des Materials entweder schon bei kurzen Schaufellängen, oder, falls längere Schaufeln verwendet werden, bei relativ niedriger Drehzahl der Maschine erreicht. Dieses unerwünscht frühe Erreichen der zulässigen Zugspannung tritt meistens im Fussquerschnitt auf; jedoch setzt auch die Belastungsfähigkeit des Läufers der Drehzahl und/oder der Schaufellänge relativ enge Grenzen.

Es sind zwar auch hohle, aus zwei Hälften zusammengesetzte Schaufeln bekannt geworden, doch handelt es sich dabei nicht um lange Schaufeln für den erwähnten Zweck. Solche wurden bisher ausschliesslich nach der konventionellen Art konstruiert und hergestellt.

Die Erfindung bezweckt die Schaffung einer Laufschaufel, welche, unter Enthaltung der zulässigen Zugspannungen, eine grössere Länge aufweist, als die bisher bekannten, konventionellen Laufschaufeln. Dabei soll auch eine Verbesserung der dynamischen Eigenschaften, insbesondere bei der freistehenden Schaufel, erreicht werden. Zur Optimierung des Wirkungsgrades der Maschine soll auch die Möglichkeit geschaffen werden, die Schaufelteilung bezogen auf die Sehne des Querschnittsprofils der Schaufel sowie die Schaufelprofile selbst günstig wählen zu können. In einer speziellen Ausgestaltung der Schaufel kann auch erreicht werden, dass die darauf prallenden Tropfen der flüssigen Phase aufgefangen und nach aussen weggeschleudert werden.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass die Dicke der Blätter vom Schaufelende in Richtung zum Fuss bis zu einer Stelle im wesentlichen konstant bleibt, um dann, bei praktisch konstanter, maximaler Zugspannung im Material, bis zum Fuss zuzunehmen, wo sich beide Blätter einander beinahe bis zur Berührung nähern. Zum Auffangen von Tropfen können in dem einen, den konvexen Profilteil der Schaufel bildenden Blatt, Bohrungen vorgesehen werden, und zwar in der Nähe der Einlaufkante und des Endteiles der Schaufel.

Die Erfindung soll nachstehend anhand des in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 die Seitenansicht einer Schaufel, von der konkaven Seite her gesehen;

Fig. 2 einen Längsschnitt durch die Schaufel gemäss Fig. 1;

Fig. 3 bis 5 Querschnitte durch die Laufschaufel gemäss Fig. 1, und zwar in der Nähe des Fusses, der Mitte bzw. des Schaufelkopfes;

Fig. 6 eine vergrösserte Darstellung des Details «A» gemäss Fig. 5; und

Fig. 7 die graphische Darstellung des Verlaufes der Querschnittsfläche und der auftretenden Zugbeanspruchung längs der Schaufel.

Die dargestellte Schaufel besteht aus einem Blatt 1, das die konkave Seite, und einem Blatt 2, das die konvexe Seite der Schaufel bildet. Beide Blätter werden mittels Schweissen zu

der ganzen Schaufel zusammengefügt, wobei das eine Blatt 2 mit dem Fuss 3 der Schaufel ein einziges Stück bildet. Innerhalb der Schaufel entsteht zwischen Blättern 1 und 2 eine Kammer 4.

Die Dicke der Blätter 1 und 2 ist vom Schaufelende bis zur Stelle X (etwa 1/5 der Länge) konstant. In Richtung des Fusses vergrössert sie sich dann in dem Masse, welches die Konstanthaltung der in der Schaufel auftretenden Zugspannung gewährleistet. Infolge des beschriebenen Verlaufes der Blätter erweitert sich die Kammer 4 zunächst vom Schaufelkopf in Richtung zum Fuss, um sich dann aber im Fussquerschnitt wieder zu einem geringen Spalt von z. B. 0,5 mm zu verengen. In einem Blatt 2 sind in der Nähe der Einlaufkante und beim Ende der Schaufel (Fig. 5 und 6), kleine Bohrungen 5 als Verbindung zur Innenkammer der Schaufel vorgesehen.

Dank der beschriebenen Konstruktion verringert sich die auf den Läuferumfang übertragene Zentrifugalkraft der Schaufeln. Bei gleicher Belastung des Läuferumfanges wird eine Vergrösserung der radialen Abmessung der Schaufeln, aber auch der axialen Dimensionen der Sehne und des Schaufelquerschnittes ermöglicht. Dies wirkt sich vorteilhaft auf den Wirkungsgrad der Maschine, auf die im Schaufelfuss auftretenden Spannungen, sowie auf die Frequenz der Eigenschwingungen der Schaufel aus.

Die Austrittsfläche A der letzten Stufe einer Turbine kann mittels folgender Formel ermittelt werden:

$$A = 2 \pi \cdot \tau \frac{\sigma q}{k \cdot \omega^2} = f \left( \frac{\sigma}{q} \cdot \omega \cdot k \right).$$

Dabei bedeuten:

- $\sigma$  die auftretende Zugspannung;
- $q$  die Dichte verwendeten Materials;
- $\tau$  ein durch endliche Schaufeldicke am Austritt; bedingter Verengungsfaktor;
- $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit der Drehbewegung und
- $k$  der Verjüngungsfaktor, Verhältnis der Zugspannungen in gleichen Fussquerschnitten zweier Schaufeln, von denen die eine sich nach aussen verjüngt und verwunden ist, und die andere zylindrisch und mit konstantem Querschnitt ausgebildet ist.

Aus der Formel erkennt man, dass die erreichbare Austrittsfläche A für konstante Zugspannung und Dichte des Schaufelmaterials sowie für konstante Winkelgeschwindigkeit der Drehung um so grösser wird, je kleiner der durch die Konstruktion gegebene Verjüngungsfaktor k ist. Bei einer gegebenen Austrittsfläche A treten für kleinere k-Werte auch kleinere Zugspannungen auf.

Die Berechnungsergebnisse für eine 920 mm lange Schaufel mit einer Blattdicke von 1,5 mm am Schaufelende sind in Fig. 7 aufgetragen. Die linke Ordinationsachse gibt die Querschnittsflächen der Schaufel in cm<sup>2</sup> an, die rechte die in entsprechenden Querschnitten wirkende Zugbeanspruchung in bar. Auf der Abszissenachse ist die Schaufellänge unter Aufteilung in 16 Abschnitte aufgetragen, entsprechend den Querschnitten 1–17, für welche Berechnungen ausgeführt worden sind.

Die ausgezogenen Linien beziehen sich auf eine konventionelle Schaufel, die gestrichelten auf die erfindungsgemässe Zweiblatt-Laufschaufel, wobei beide Schaufeln gleiche Länge und gleichen äusseren Umriss aufweisen.

Bei Übergang von der konventionellen Konstruktion der Laufschaufel zur erfindungsgemässen, ergibt sich eine Verminderung des k-Faktors von 0,394 auf 0,262. Damit ist es möglich, unter Einhaltung eines unveränderten 1/D-Wertes (Verhältnis der Schaufellänge zum Teilkreisdurchmesser der Stufe)

und ohne Änderung der Zugbeanspruchung der Schaufel, die Schaufellänge um etwa 23 % zu vergrössern, im vorliegenden Beispiel von 920 mm auf 1130 mm. Zugleich erhöht sich die Austrittsfläche A um etwa 50 %. Bei Verwendung einer Titanlegierung als Schaufelbaustoff würde die Grenzlänge der Schaufel von etwa 1200 mm auf 1475 mm anwachsen.

Für gleich grosse Schaufellänge hingegen erreicht man beim Übergang von der konventionellen Schaufelkonstruktion zur erfindungsgemässen Bauweise eine namhafte Erhöhung der Eigenfrequenz der Schaufel, und zwar als Folge der Herabsetzung der Schaufelmasse, im angeführten Beispiel im Verhältnis 23:34.

Die beschriebene Schaufel findet besonders vorteilhafte Anwendung in Niederdruckteilen von Dampfturbinen, welche im Nassdampfgebiet arbeiten. Am Einlauf abgerundete Profile reduzieren beträchtlich die Normalkomponente der Geschwindigkeit, mit welcher Tropfen der flüssigen Phase auf die Schaufeln aufprallen. Die Erosionswirkung der Tropfen wird dadurch abgeschwächt. Die durch die Schaufelblätter gebildete Kammer kann zum Auffangen der Tropfen der flüssigen Phase, die in der Nähe der Einlaufkante auf die Schaufel fallen, sowie auch zu deren Wegschleuderung nach aussen in Richtung von Sammelkanälen, die sich im Gehäusematerial der Turbine befinden, benützt werden.

Mit der Anwendung der erfindungsgemässen Schaufel wird die Gefahr der Erosion des Schaufelsystems erheblich verringert. Unabhängig vom Baumaterial (Stahl, Titan) werden höhere Umfangsgeschwindigkeiten der Schaufeln ermöglicht.

#### PATENTANSPRUCH

Laufschaufel für thermische Axial-Turbomaschinen, insbesondere Dampfturbinen, aus zwei den konkaven und den konvexen Profiltail der Schaufel bildenden Blättern bestehend, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Blätter (1, 2) vom Schaufelende in Richtung zum Fuss (3) bis zu einer Stelle (x) im wesentlichen konstant bleibt, um dann, bei praktisch konstanter, maximaler Zugspannung im Material, bis zum Fusse (3) zuzunehmen, wo sich beide Blätter (1, 2) einander beinahe bis zur Berührung nähern.

#### UNTERANSPRUCH

Laufschaufel nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass im einen Blatt (2), welches das konvexe Profil der Schaufel bildet, in der Nähe der Einlaufkante und des Endteiles der Schaufel Bohrungen (5) vorgesehen sind, welche zum Auffangen der auf die Schaufel aufprallenden Tropfen der flüssigen Phase dienen.

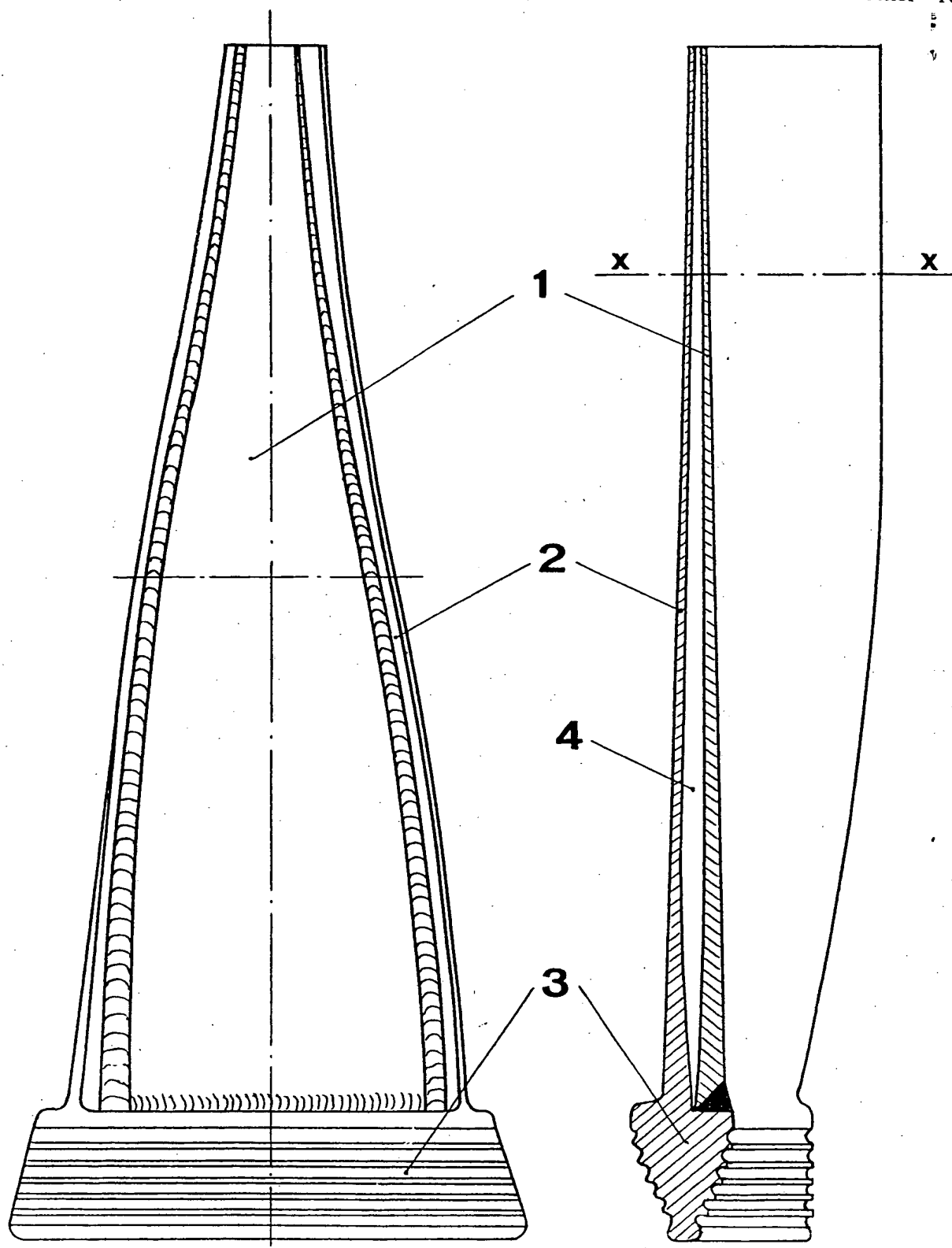


FIG. 1

FIG. 2

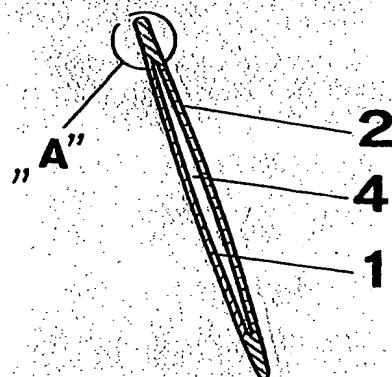


FIG. 5

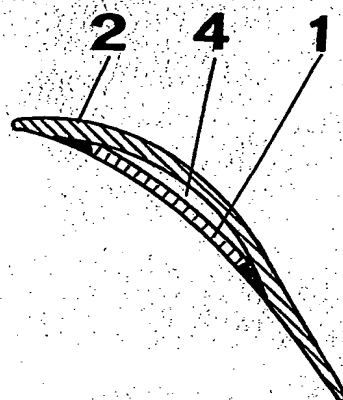


FIG. 4

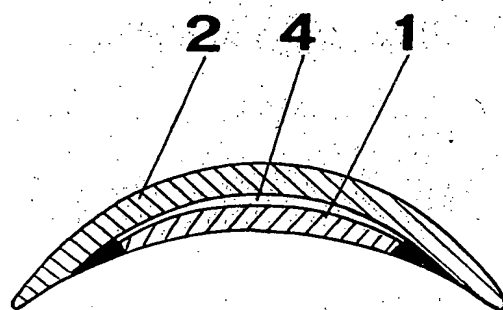


FIG. 3

Detail „A”

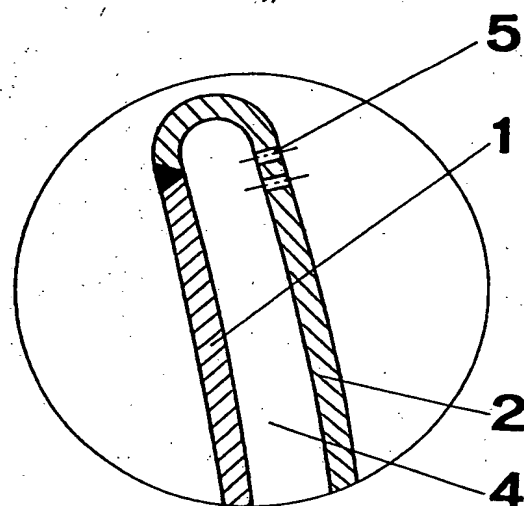


FIG. 6

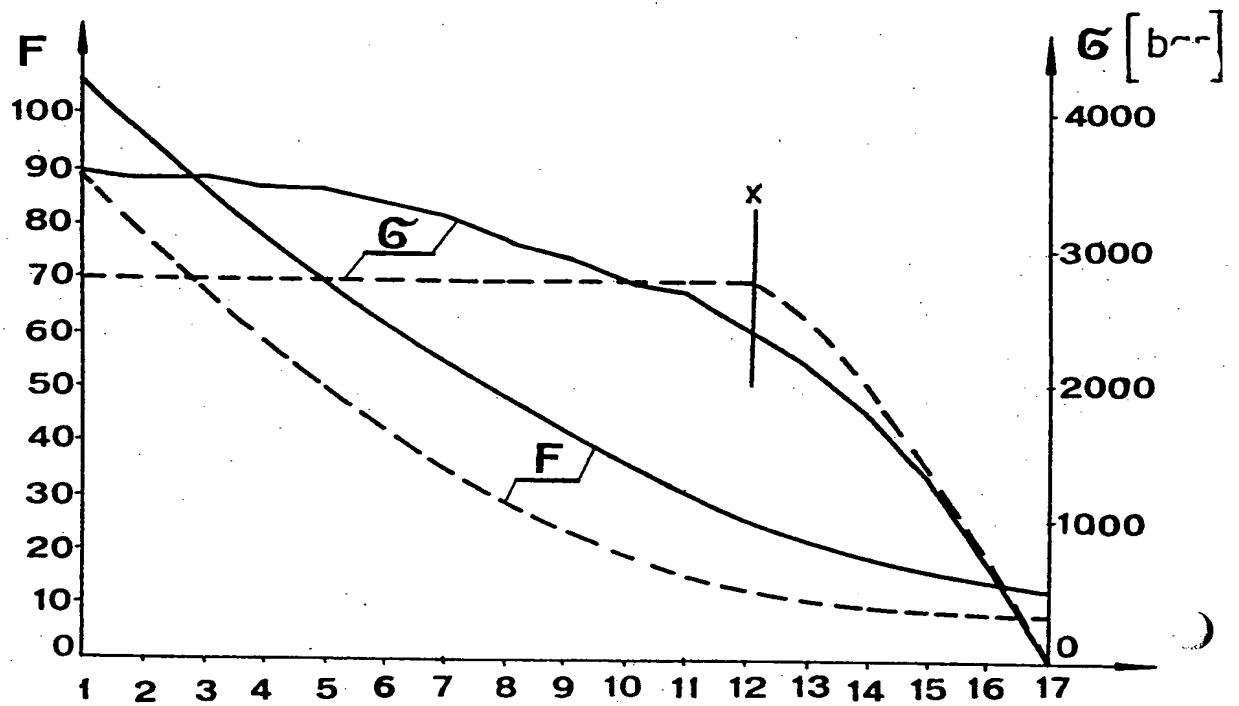


FIG. 7